



## PROBLEMAS AMBIENTAIS DE PROTEÇÃO RADIOLÓGICA: UMA QUESTÃO DA GEOGRAFIA MÉDICA

**Ricardo Gonçalves de Holanda**  
Universidade Federal de Uberlândia  
[profgrgh@yahoo.com.br](mailto:profgrgh@yahoo.com.br)

**Suely Amorim de Araújo**  
Universidade Federal de Uberlândia  
[suamorim1@yahoo.com.br](mailto:suamorim1@yahoo.com.br)

### RESUMO

Este trabalho de pesquisa exploratória, descritiva analítica, teve como enfoque o estudo do Controle Radiométrico (CR) exercido no Complexo Hospitalar da Universidade Federal de Uberlândia do Campus Umuarama, permitindo estimar o impacto radiológico, decorrente de instalações que possam emitir radiações ionizantes para o meio ambiente. E como objetivos mapear os equipamentos que emitem radiações ionizantes seja para diagnóstico e/ou tratamento existente no Hospital do Câncer, Hospital de Clínicas, Hospital e Clínica Odontológicos, bem como no Hospital Veterinário, obtendo dados informativos à respeito das medidas de proteção utilizadas nestas instituições hospitalares. Realizado coleta de dados dos laudos dosimétricos, radiação de fuga, visita in loco e mapeamento cartográfico; análise e planejamento de estratégias de ação, visando adequar às exigências de radioproteção em um mundo de constante transformação. Os dados encontrados nos mostram que faz-se necessário executar programas de monitoração mais ampla das circunvizinhanças e dos profissionais, bem como reestruturação da área física de setores do complexo em estudo para que sejam adotadas medidas de proteção individual e ambiental. Uma vez que a exposição em excesso provoca danos à saúde e ao meio ambiente.

Palavras-chave: Radiologia, Proteção Radiológica, Geografia Médica.

### INTRODUÇÃO

A radioatividade é um fenômeno que se origina exclusivamente do núcleo de átomos radioativos e que sua origem se deve a variação da quantidade de partículas que se encontram no seu núcleo, quando o núcleo é instável a causa principal é a grande quantidade de prótons que possui, sempre esta instabilidade emite uma partícula alfa (dois prótons e dois nêutros). Quando a relação de nêutrons/prótons no núcleo se eleva, o núcleo se estabiliza e emite um nêutron, esta estabilidade com frequência emite uma partícula beta (elétrons). Quando a relação entre nêutrons/prótons é pequena, deve ocorrer uma diminuição do número de prótons ou aumentar o número de nêutrons para se ter à estabilização do núcleo provocando assim radiação (COMISIÓN CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR, 2002).

Para Aguinaldo, Rosa e Souza (1994), há dois tipos de radiações, Radiação Ionizantes: são radiações com energia necessária para arrancar elétrons dos átomos, quando um átomo está com excesso de carga elétrica, seja positiva ou negativa, se diz que está convertido em um íon (positivo ou negativo), como por exemplo: os raios x, as radiações alfa, beta, gama e a emissão de nêutrons. A radiação cósmica (proveniente do sol e do espaço interestelar) é um tipo de radiação ionizante, pois, está composta de radiações eletromagnéticas e por partículas com grande quantidade de energia. Estas radiações podem provocar reações e trocas químicas com materiais com os quais interajam e são capazes de romper as relações químicas das moléculas e gerar trocas genéticas nas células reprodutoras. A Radiação não Ionizante: são aquelas que não são capazes de produzir íons que possam interagir com átomos de um material, as mais comuns são as do campo eletromagnético e as ópticas, dentro dos campos magnéticos temos as de linhas de corrente elétrica e campos elétricos estáticos, como também, as ondas de radiofrequência, microondas e as das

telecomunicações. Dentre as radiações ópticas podemos mencionar os raios infravermelhos, a luz visível e a radiação ultravioleta. Estas radiações podem provocar calor e certos efeitos fotoquímicos se atuar sobre o corpo humano e o meio ambiente.

O Meio Ambiente pode ser entendido como um conjunto de elementos abióticos (energia solar, solo, água e ar) e bióticos (organismos vivos) que integram a fina camada, chamada de biosfera, sustentáculo dos seres vivos. A atmosfera protege a terra do excesso de radiações e permite a existência da vida (INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA – IRD, 2002).

Em todos os lugares estamos expostos à radiação. A dose proveniente das fontes artificiais representa, em média, apenas 33% do total da radiação que recebemos, sendo 30% devido a exames médicos e 3% aos reatores e outras fontes artificiais de uso industrial. Existem diversas aplicações das radiações, tais como, irradiação para conservação de alimentos, controle da espessura da folha de papel alumínio de uso doméstico, para inspeção das tubulações de gás, na indústria aeronáutica, esterilização de materiais cirúrgicos, no diagnóstico de doenças, tratamento do câncer e muitas outras (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO – UNIFESP, 2003).

Cuidar convenientemente significa realizar uma série de ações que vão desde planejamento, execução e conservação da área física e dos equipamentos, obedecendo se aos requisitos de proteção aos trabalhadores, aos indivíduos e ao meio ambiente. Considerando isto, este trabalho se insere nesta preocupação, de avaliar as condições ambientais de operacionalização dos procedimentos radiológicos no Complexo Hospitalar da Universidade Federal de Uberlândia.

O Complexo Hospitalar da Universidade Federal de Uberlândia possui diversas Unidades (Anexo1) hospitalares que realizam procedimentos radiológicos para diagnóstico e/ou Tratamento. Avaliações periódicas dos equipamentos, instalações e procedimentos são necessárias para a proteção radiológica dos pacientes, acompanhantes, funcionários, docentes e discentes. Quando não há adequação dos equipamentos, instalações e procedimentos às normas de proteção, expõem-se os indivíduos a riscos de doenças relacionadas à radiação, dentre elas, o câncer.

Lemos (2002) apud Morais (1999) relata a íntima relação da Geografia com a Saúde, quando diz que a geografia estuda a individualidade, os lugares, o espaço, as relações entre o homem e o meio, como também a sociedade e a natureza, indo de encontro a Lacaz (1972) quando demonstra que a Geografia Médica é um ramo da Geografia Humana, já descrita por Hipócrates, quando este aponta a relação entre os

fatores ambientais e as doenças. Lemos (2002) enfatiza que a geografia médica resulta da interligação dos conhecimentos geográficos e médicos, mostrando a importância do meio geográfico no aparecimento e distribuição de uma determinada doença, visando também fornecer subsídios seguros à epidemiologia, para que esta possa estabelecer programas de vigilância ambiental tanto no aspecto preventivo como no controle das endemias.

O objetivo deste trabalho é identificar os problemas ambientais de proteção radiológica decorrentes de instalações e equipamentos inadequados, mal conservados ou danificados no Complexo Hospitalar da Universidade Federal de Uberlândia.

## **METODOLOGIA**

Inicialmente foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o tema, em livros, periódicos indexados em meios eletrônicos, para subsidiar o entendimento do problema e auxiliar na discussão e interpretação dos dados e informações produzidos a partir desta pesquisa.

A pesquisa foi realizada de outubro de 2003 a agosto de 2004, sendo iniciada pela escolha dos locais onde havia a utilização de equipamentos emissores de radiação ionizante, seja para diagnóstico e/ou tratamento, uma vez que estes são locais vulneráveis a transgressão da legislação vigente. Esses equipamentos eram fixos ou móveis, de tamanhos variados,

independente de sua taxa de emissão (potência) e os dosímetros dos profissionais que manipulam equipamentos que produzem radiação ionizante no campo estudado. Foram coletados dados de dosímetros, relatório de teste de radiação de fuga, laudos emitidos pela Comissão de Adicional de Irradiação Ionizante (COIRI), mapas obtidos junto a Prefeitura do Campus e nos arquivos do Hospital do Câncer, Hospital das Clínicas, Hospital Veterinário e na Clínica e Hospital Odontológico, no Departamento de Bioengenharia e no Setor de Segurança do Trabalho - NASS.

A pesquisa foi desenvolvida no Complexo Hospitalar da Universidade Federal de Uberlândia, onde envolve o Hospital de Clínicas (blocos 4B, 4D, 4F, 4L, 4H, 4I, 4J, 2L, 2M, 2K, 2I, 2V, 2W, 2P, 2Q, 2Z, 6M), Hospital do Câncer (bloco 4A), Hospital Odontológico com sua Clínica (blocos 4L, 4T, 2N) e o Hospital Veterinário (bloco 2S).

Os dados de levantamentos radiométricos foram realizados por uma empresa terceirizada através de solicitação do setor de Bioengenharia - UFU. O teste de radiação de fuga foi realizado por uma segunda empresa terceirizada, através de solicitação da Fundação de Assistência, Estudo e Pesquisa de Uberlândia - FAEPU. Os laudos dosimétricos foram solicitados pelo Comitê de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico da Universidade Federal de Uberlândia à uma terceira empresa terceirizada.

Os laudos técnicos (relatórios) elaborado pelas empresas terceirizadas foram obtidos junto ao Comitê de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico, Comissão de Adicional de Irradiação Ionizante-COIRI, Prefeitura do Campus Santa Mônica, Bio-Engenharia, Departamento de Física Nuclear do Hospital do Câncer, Diretoria do Hospital Veterinário, Diretoria de Enfermagem do Hospital das Clínicas, responsável técnico do Hospital e Clínica Odontológica.

A análise dos dados foi embasada na legislação vigente, principalmente na Portaria 453 de 01 de junho de 1998, do Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância Sanitária. Esta Portaria aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispõe sobre o uso dos raios-x diagnósticos em todo território nacional e dá outras providências.

Adicionalmente aos dados, foram realizadas observações “in loco” dos problemas ambientais relacionados com a radiação, apresentados nestas unidades hospitalares, registrando-se com fotografias as principais falhas encontradas nos equipamentos, procedimentos e instalações.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### *A radiação frente ao ambiente*

A Sociedade Brasileira de Biociências Nucleares (2003) mostra que os níveis de radiação recebida pelos seres vivos e pelo meio ambiente advêm de fontes naturais (52%). As radiações de origem médicas se supõem em cerca de 11,4%, das quais destacam-se os raios X, por serem a fonte mais freqüente, como também outros materiais radioativos usados para o estudo e o tratamento de tumores. As doses maiores são empregadas nos tratamentos do câncer, tomando o cuidado de apenas irradiar o tecido cancerígeno, para se evitar danos os tecidos adjacentes. Por causa dos danos biológicos causados nos seres vivos pela excessiva exposição à radiação torna necessário estabelecer meios de proteção aos que trabalham com radiação e à população em geral (OKUNO, 1982).

No Brasil, a Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN é responsável pela legislação e pela fiscalização do uso da radiação em toda a federação. Foi a CNEN que elaborou as normas básicas de proteção radiológica que regem o uso da radiação no país, dentre estas a Portaria 453/98 que dispõe e aprova o Regulamento Técnico, estabelecendo as diretrizes básicas de proteção radiológica em radiodiagnóstico médico e odontológico, dispondo sobre o uso dos raios-x diagnósticos em todo território nacional e dando outras providências (CNEN, 2004).

### *O controle radiológico como necessidade ambiental*

A liberação de materiais radioativos decorrentes de atividades humanas envolvendo radiações ionizantes pode eventualmente elevar os níveis de radioatividade no meio ambiente e aumentar a dose de radiação dos indivíduos expostos, atingindo valores que podem ser considerados significativos. As doses individuais decorrentes de fontes artificiais de radiação variam consideravelmente. A maior parte da população está sujeita a uma quantidade relativamente pequena de fontes artificiais de radiação, entretanto algumas pessoas estão sujeitas a quantidades e várias ordens de grandeza superiores às decorrentes de fontes naturais.

A radiação natural é responsável pela maior parte da dose de radiação recebida pela população mundial; entretanto, os órgãos nacionais e internacionais elaboraram normas e padrões específicos que limitam somente as doses decorrentes de fontes de radiação artificial. Essas normas estabelecem um sistema de limitação de dose aplicável para qualquer instalação em condições normais de operação.

O projeto de uma instalação deve, portanto, garantir que, em condições normais de operação, a descarga de material radioativo para o meio ambiente não resulte em doses nos indivíduos do público acima dos limites máximos admissíveis. Cabe à Comissão de Proteção Radiológica estabelecer um programa de análise ambiental visando controlar a descarga de efluentes radioativos para o meio ambiente, bem como verificar se as concentrações dos radionuclídeos liberados, que tenham se concentrado no solo, vegetação, alimentos etc. estão abaixo dos limites pré-estabelecidos (FERNANDES, 2000).

A elaboração desse programa envolve a especificação do tipo e a frequência de medidas, procedimentos de amostragem, análises em laboratório, testes estatísticos e técnicas de tratamento, assim como do registro desses dados. A parte final deste programa deverá envolver a estimativa da dose equivalente e a comparação com os limites máximos admissíveis recomendados pelas normas de proteção radiológica. O programa a ser estabelecido dependerá do tipo de instalação, sua localização, e características do seu ambiente circunvizinho. O programa de análise ambiental deverá ser realizado em duas etapas diferentes (FERNANDES 2000):

- “A primeira deverá ser antes da instalação entrar em funcionamento (fase préoperacional), visando principalmente medir os níveis de radiação natural da região. Os resultados obtidos servirão como referência para comparação com aqueles obtidos durante o funcionamento da instalação, de forma a avaliar qualquer alteração futura.
- A segunda etapa de um programa de análise ambiental deverá ser realizada durante o funcionamento da instalação (fase operacional), com a finalidade de se avaliar os níveis de radiação recebidos pela população.”

### Programa de monitoração ambiental operacional

A análise ambiental de uma instalação deve ser feita de forma rotineira. Os objetivos principais do programa de monitoração ambiental operacional são (CNEN, 2004):

- “controlar as descargas de material radioativo no meio ambiente;
- avaliar a “exposição potencial” do homem à radiação e materiais radioativos eliminados pela instalação;
- demonstrar obediência aos regulamentos e outros limites operacionais;
- possibilitar a detecção de algumas mudanças no ambiente resultantes da instalação, após esta ter entrado em operação;
- verificar se os dados utilizados na avaliação pré-operacional não estão se modificando.”

Para o cumprimento desses objetivos é necessário estabelecer um programa de análise ambiental apropriado ao tipo da instalação, às características e aos hábitos da região, à distribuição da população e aos tipos e às quantidades de radionuclídeos cujas liberações podem ser previstas.

O programa de análise ambiental de uma instalação, em condições normais de operação deve ser feito de duas maneiras distintas, uma dentro do próprio estabelecimento e outra externa a ele. A primeira é chamada de análise preventiva e a segunda de análise confirmatória. Dentro da instalação deve ser feito o controle da liberação dos efluentes radioativos gerados, antes de sua descarga para o meio ambiente. Neste caso, é necessário conhecer a quantidade e o tipo de material radioativo lançado no ambiente (termo fonte), para a contabilização da descarga.

De forma a garantir que os limites de dose nos indivíduos do público não serão ultrapassados devem ser determinados previamente os limites derivados de descarga. Estes são definidos como sendo a atividade anual de material radioativo de composição especificada que resultará numa dose equivalente efetiva no grupo crítico igual ao limite de dose recomendado pelas normas específicas. A quantidade de medidas necessárias, sua frequência e importância dependem do programa estabelecido para cada instalação. De maneira geral, os principais tipos de medidas, sem levar em conta sua importância relativa são (INSTITUTO MINEIRO DE DOSIMETRIA E RADIOPROTEÇÃO – IMRD, 2004):

- medidas do ar atmosférico, particulados e gases;
- medidas das condições meteorológicas do ambiente, direção e velocidade dos ventos, pluviometria etc;
- medida da atividade na água da chuva;
- medida da atividade das águas de rios e córregos da redondeza;
- medida da atividade das águas subterrâneas;
- medida da radioatividade do solo;
- medida da radioatividade da fauna e flora da redondeza;
- medida da radioatividade nos alimentos consumidos pela população local.

É evidente que essa análise ambiental externa pode ser simplificada criteriosamente se forem estudadas as vias críticas de transferência e os grupos críticos da população. Para assegurar que os valores encontrados não irão ultrapassar os limites estabelecidos, deve-se tomar o cuidado de incluir a contribuição de outras instalações, que eventualmente possam estar causando dose no mesmo grupo considerado.

O controle ambiental externo, por outro lado, permite avaliar a dose, considerando-se todas as possíveis fontes de radiação. O programa de análise ambiental deve ser examinado periodicamente para garantir que esteja adequadamente formulado e que atinja seus objetivos. Mudanças na operação do estabelecimento ou nas características do meio ambiente receptor, que possam alterar a exposição da população, requerem modificações do programa. (INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA – IRD, 2004).

A prática tem mostrado que a reavaliação do programa tende a reduzir a escala de rotina de monitoração ambiental sem perda de informações científicas.

#### *Modos de Proteção à Radiação*

O uso de fontes de radiação pode resultar em algum grau de exposição das pessoas. Os riscos a que estão expostos os indivíduos irradiados dependem de diversos fatores relacionados com as propriedades das fontes de radiação e das relações das pessoas com as fontes, ou seja, tempo de permanência junto à fonte e distância entre a fonte de radiação e o indivíduo exposto.

A exposição é definida, nos regulamentos da CNEN (2004), como a irradiação externa ou interna de pessoas, com radiação ionizante. Portanto, os modos de exposição podem ser classificados em exposição interna ou externa ao corpo do indivíduo irradiado. Entende-se por exposição externa aquela em que a fonte de radiação, aparelhos de raios X ou fontes radioativas, estão fora do corpo da pessoa irradiada. A dose de radiação devido à exposição externa depende de fatores como atividade da fonte, energia da radiação, tempo de exposição, distância fonte-indivíduo e a utilização de blindagens.

#### *Fatores de proteção radiológica*

Devem ser adotadas para assegurar o cumprimento dos limites de dose. No estabelecimento dessas medidas deve-se considerar o tipo de fonte radioativa, sua atividade, energia e os modos de exposição.

a. Proteção contra a irradiação externa

A dose equivalente recebida pelo trabalhador na irradiação externa é função da taxa de dose no início da irradiação e de sua variação com o transcorrer do tempo de irradiação. Desta forma existem duas maneiras para se reduzir à dose equivalente do trabalhador, ou seja, fornecer-lhe proteção adequada. A primeira considera a variação do tempo de irradiação e a segunda considera a redução da taxa de dose.

b. Aumento da distância fonte-indivíduo

A dose de radiação recebida por um indivíduo é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o indivíduo e a fonte, ou seja, à medida que um indivíduo se afasta da fonte de radiação, a dose por ele recebida diminui.

c. Uso de blindagem

Denomina-se blindagem a todo sistema destinado a atenuar um campo de radiação por interposição de um meio material entre a fonte de radiação e as pessoas ou objetos a proteger, sendo a blindagem o método mais importante de proteção contra a irradiação externa (LABORATÓRIO DE DOSIMETRIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – LDUSP, 2004).

- Blindagem para partículas alfa - O reduzido alcance das partículas alfa no ar e sua pouca penetração no tecido, não chegando a atravessar a camada morta da pele, torna desnecessário qualquer tipo de medida de proteção contra a radiação alfa externa.
- Blindagem para partícula beta - A proteção, no caso de irradiação externa por partículas beta, tem por objetivo evitar a irradiação da pele, cristalino dos olhos e gônadas.
- Blindagem para radiação gama ou X - O método mais prático para a estimativa da espessura de blindagem para radiação X e g é a utilização do conceito de camada semi-redutora. A camada semi-redutora de um material utilizado para blindagem é a espessura necessária para reduzir a intensidade de radiação à metade.

A seleção dos materiais a serem empregados numa blindagem dependerá das condições técnicas e econômicas.

d. Proteção contra a contaminação

A contaminação tanto externa como interna ao corpo humano, pode ser evitada

adotando-se procedimentos para confinar o material radioativo evitando que haja dispersão no meio ambiente, ou isolando e protegendo o indivíduo com a utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs), tais como luvas, aventais, botas, óculos, máscaras, ou fazendo o controle de acesso às áreas contaminadas.

e. Proteção contra a absorção através da pele

Muitos radionuclídeos podem penetrar no corpo através da pele. Em trabalhos que envolvam tal risco devem-se utilizar aventais, macacões, luvas e botas apropriadas. Pode ocorrer a penetração de materiais radioativos no corpo humano através de cortes causados por agulhas, bisturis, vidros quebrados, ou outros instrumentos cortantes contaminados, ou através de feridas já existentes na pele.

f. Controle de acesso em áreas restritas

Um controle de acesso adequado diminui o risco de contaminação, pelo simples fato de manter o pessoal fora das áreas onde existe um potencial significativo de contaminação. A

entrada numa área com potencial de contaminação exige o uso de roupas de proteção, as quais devem ser removidas ao deixar o local. As roupas de proteção são basicamente compostas por sapatilhas, galochas, macacões, luvas, toucas, e máscaras de proteção respiratória. Nas áreas de trabalho onde é necessário um controle mais rigoroso, o acesso é feito através de vestiários, que devem contar com pias para lavar as mãos, recipientes para recolher as roupas de proteção utilizadas na área, instruções para operação normal e em emergência e monitores para detectar a contaminação (LDUSP, 2004).

#### g. Controle Radiométrico

O termo radiação vem do latim RADIARE, que indica um fenômeno básico em que a energia se propaga através do espaço, ainda que interceptada pela matéria. O termo irradiação vem do latim IN e RADIARE, que é empregado para indicar o tratamento da matéria pela energia radiante. Rezende (1995) relata que os termos radiação e irradiação são, todavia, na maioria das vezes confundidos e usados indistintamente como sinônimos.

Distinguem-se dois tipos de radiações: as chamadas corpusculares, feitas por intermédio de elétrons (raios beta), núcleos de hélio (raios alfa), núcleos de hidrogênio (prótons; p. ou H<sup>1</sup>) ou nêutrons (n ou n<sup>1</sup>); e as eletromagnéticas, constituídas pelos raios de comprimento de onda muito curto, os raios - X e os raios gama. Admite-se que a energia radiante emita partículas ínfimas denominadas Fótons. Estas são absorvidas pela matéria e determinam os seguintes fenômenos (REZENDE, 1995):

1. Fazem vibrar os átomos das moléculas em seu eixo de conexão;
2. Fazem-nos rodar em torno desse mesmo eixo;
3. Produzem modificações dos níveis energéticos dos elétrons.

As energias dos Raios X são quase inteiramente absorvidas pelos elétrons que se ejetam do átomo pelo qual eles passaram. Este processo independe completamente da maneira porque os átomos estão combinados dentro das moléculas. Assim o átomo que recebe um certo quantum (quantidade) de raios X para ejetar um elétron perde energia (ionização) e esta é armazenada pelo elétron ejetado como energia cinética, capaz de produzir ionização de outros átomos por que passa.

Quase toda a ionização em radiologia, é produzida pelo elétron ejetado e muito pouco ou despercebida é a ionização pela absorção inicial do Quantum de raios X aplicados. Em consequência desse fenômeno, os íons produzidos não se distribuem ao acaso nas soluções ou nos tecidos, mas sim ao longo do trajeto do elétron ejetado.

Enquanto os raios X são produzidos por geradores especiais, os raios Gama saem espontaneamente de substâncias radioativas como Radium, Tório, Actínio. Estes emitem em maior proporção, as partículas Alfa e Beta.

#### h. Dose permissivas de radiação

Em vista dos efeitos genéticos deletéricos produzidos pelas relativamente pequenas doses de radiação para a população toda, é obviamente necessário que regras devam ser feitas para assegurar que efeitos sejam mantidos dentro de limites aceitáveis.

Hoje, quando a radiação é amplamente usada em diagnóstico, tratamento de doenças e em indústrias, um equilíbrio deve ser encontrado entre a vantagem do uso de radiação em certas circunstâncias e os possíveis riscos. Um relato do International Commission on Radiology Protection publicado em 1960, fornece um número de recomendações em níveis máximos permitidos de radiação, em adição à radiação de base, para diferentes grupos de pessoas, baseadas nas informações mais atualizadas. Ficou decidido que uma dose de 5 rems (unidade utilizada para quantificar a radiação recebida) para as gônadas até a idade de 30 anos, média estabelecida para uma população, irá produzir um efeito genético pequeno o suficiente para ser aceitável, e que um pequeno grupo de trabalhadores com radiações pode receber 60 rems para as gônadas entre as idades de 18 a 30 anos .

A dose média de 5 rems é de certo modo menor do que duas vezes a radiação de base normal e 60 rems é grosseiramente igual à dose de duplicação. No sentido de limitar a dose gonadal média na população a 5 rems é óbvio que membros do público em geral deve ter um máximo permitido em dose de radiação de menos de 5 rems em 30 anos. Está enfatizado nas recomendações que essas são todas as doses máximas e que todo esforço deve ser feito para manter todas as doses dentro do mínimo possível (REZENDE,1995).

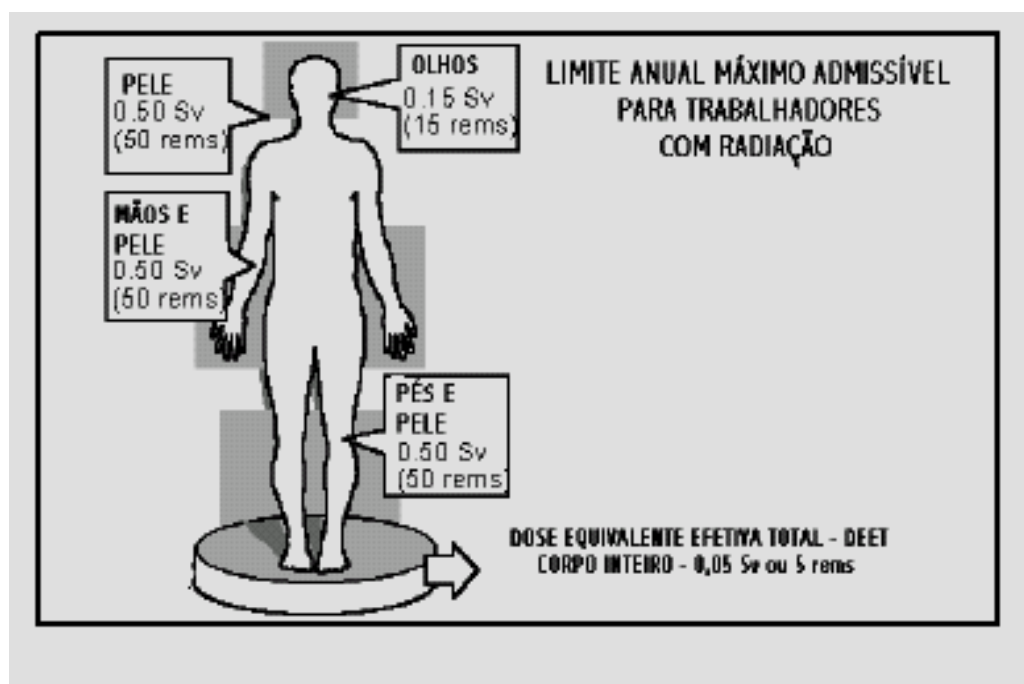


Figura 1: Limites Anual Máximo de Exposição dos Trabalhadores em Radiação.  
Fonte: www.cnen.gov.br, 2004.

Para trabalhadores com radiação, será permitido receber doses de radiação de certo modo maior para algumas partes do corpo outras que não as gônadas. Isso, porque efeito não genético é produzido exceto quando as gônadas são irradiadas, e qualquer efeito somático para outras partes do corpo em geral não será produzido por essas baixas doses. As doses máximas permitidas que fiquem abaixo dessas recomendações não incluem doses de radiação recebida a partir de exposições médicas.

#### *Deteccção e medida das radiações*

A deteção e medida das radiações são fundamentais para a Proteção Radiológica, tanto para obtenção de medidas precisas quanto para a avaliação do grau de risco envolvido em atividades com exposições à radiação. A radiação por si só não pode ser medida diretamente, portanto, a deteção é realizada pela análise dos efeitos produzidos pela radiação quando esta interage com um material. Um sistema de deteção de radiação é constituído de duas partes: um mecanismo detector e outro de medida. A interação da radiação com o sistema ocorre no detector e o sistema de medida interpreta esta interação.

De maneira geral, os sistemas de deteção de radiação são chamados de detectores. Muitos detectores utilizados em proteção radiológica são de natureza eletrônica e indicam a intensidade da radiação num determinado ponto e num determinado instante de tempo. Existem também os detectores que indicam a radiação total a que uma pessoa foi exposta. Dentre estes estão os seguintes (CNEN/IPEN/IRD/IMDR, 2004): Detectores por ionização; Detectores à cintilação; Dosímetros; Dosímetro fotográfico; Dosímetro termoluminescente



(TLD); Os dosímetros termoluminescentes; Câmara de ionização de bolso (caneta dosimétrica).

### *O uso da radiação na saúde*

Nos dias de hoje, a energia nuclear é utilizada para geração de energia elétrica, sendo uma forte concorrente com os demais recursos energéticos; os materiais radioativos, por ela produzidos, são largamente utilizados na medicina, indústria e agricultura. Aplicações na medicina, odontologia e veterinária engloba tanto o diagnóstico como a terapia, sendo eles ferramentas essenciais na área de oncologia.

Já no diagnóstico os ensaios realizados para diagnóstico podem ser “in vivo” ou “in vitro”. Nos ensaios “in vivo”, o radioisótopo é administrado diretamente no paciente. O material a ser administrado, contendo uma pequena concentração do radioisótopo, deve ter afinidade com o tecido ou o órgão que se quer observar. A radiação emitida produz uma imagem que revela o tamanho, a forma, as condições do órgão e, principalmente, sua dinâmica de funcionamento. Os ensaios “in vitro” consistem na retirada de material orgânico do paciente, em geral plasma sanguíneo (sangue), e na reação de substâncias marcadas com material radioativo com algumas substâncias presentes no plasma, e posteriormente, medidas em detectores de radiação.

Nesta prática, com enfoque terapêutico, a irradiação do paciente ocorre a fim de destruir as células cancerígenas de um órgão, pode ser feita de três formas distintas (IMRD, 2002):

- a) A fonte radioativa é posicionada a certa distância do paciente e a irradiação se dá por feixe colimado (teleterapia);
- b) A fonte radioativa é posicionada em contato direto com o tumor ou inserida no mesmo (braquiterapia);
- c) A substância radioativa é injetada no paciente, a qual se instala no órgão de interesse por compatibilidade bioquímica .

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Passa-se, então, a discutir cada unidade do Complexo Hospitalar separadamente, e logo após, faz-se as devidas relações entre os mesmos. As estruturas físicas, organizacionais e operacionais do Campus Umuarama estão distribuídas em blocos de acordo com a associação das letras alfabéticas com números cardinais (Anexo I), dentre estes estão os que formam as unidades do Complexo Hospitalar. A discussão dos dados coletados busca localizar nas unidades hospitalares os equipamentos que emitem radiação ionizante, seja para diagnóstico ou tratamento, bem como o cumprimento ou descumprimento da Portaria da Secretaria de Vigilância Sanitária 453/98 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998).

Se tratando do Hospital veterinário, temos a exposição a agentes biológicos e a irradiação ionizante em intensidade variada, sendo estes os principais agentes de contaminação dos profissionais envolvidos na realização dos procedimentos. O exercício das atividades profissionais ocorre durante toda a jornada de trabalho (24 horas/semanais), com exposição de forma permanente, não ocasional nem intermitente. observa-se o não cumprimento de uma norma regida pela Portaria da Secretaria de Vigilância Sanitária 453/98 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998), no que diz respeito ao requisito de organização, apontado nas responsabilidades básicas, no parágrafo 3.26, letra e: “Realizar monitoração de área, periodicamente, e manter os assentamentos dos dados obtidos, incluindo informações sobre ações corretivas”. Observou-se que não é realizado o Levantamento Radiométrico Ambiental e Teste de Radiação de Fuga nos equipamentos produtores de radiação ionizante dessa unidade (anexo 2), contribuindo para uma possível contaminação por radiações ionizantes dos profissionais que manipulam com estes equipamentos (operadores, docentes e discentes), durante a realização de exames para diagnóstico.

Observou-se a necessidade de uma reestruturação da parte arquitetônica, ou seja, pisos, paredes, portas e janelas, como também dos equipamentos emissores da radiação ionizante, usados no diagnóstico. De acordo com a Portaria da Secretaria de Vigilância Sanitária 453/98 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998), no seu capítulo 2 que trata da otimização da proteção radiológica, em seus parágrafos 2.6 e 2.7, orienta sobre:

2.6 - O princípio de otimização estabelece que as *instalações* e as *práticas* devem ser planejadas, implantadas e executadas de modo que a magnitude das *doses* individuais, o número de pessoas expostas e a probabilidade de *exposições acidentais* sejam tão baixos quanto razoavelmente exequíveis, levando-se em conta fatores sociais e econômicos, além das *restrições de dose* aplicáveis.

2.7 - A otimização da proteção deve ser aplicada em dois níveis, nos projetos e construções de equipamentos e *instalações*, e nos procedimentos de trabalho.

Já no Hospital Odontológico, em relação à monitoração individual, o Hospital Odontológico e a Clínica Odontológica, possuem apenas 02 dosímetros que são utilizados pelos técnicos de raio x, porém o corpo docente e discente não utilizam dosímetros durante a operacionalização do equipamento. Encontramos situações que fogem da regra do processamento de exames e do armazenamento e revelação dos filmes radiográficos (Anexo 3). Corroborando, Para a proteção dos profissionais (operadores) as salas de raios x devem dispor de blindagens que proporcione proteção radiológica de tal forma que nenhuma parte do corpo incluindo extremidades sejam atingidas pelo feixe primário. (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1998). Outro problema encontrado é o acúmulo de materiais num mesmo espaço. (Anexo 4)

O Hospital de clínicas a coleta de dados nesta unidade hospitalar, pode-se vivenciar os problemas enfrentados em procedimentos realizados utilizando a radiação ionizante, dentre estes, apontaremos os mais gritantes. Em relação ao número de dosímetros em uso, existe uma controvérsia entre os dados fornecidos pelo Comitê de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico e a Comissão de Adicional de Irradiação Ionizante-COIRI, quando o primeiro relata a existência de 80 servidores que fazem uso de dosímetros no setor de radiologia e 13 servidores no setor da hemodinâmica, e a segunda demonstra a presença de 45 servidores que utilizam dosímetros no setor de radiologia e 09 servidores que utilizam dosímetros no setor da hemodinâmica. Outro ponto crítico encontrado é a sinalização luminosa, pois a mesma deve existir, no intuito de prevenir e controlar a exposição de pessoas a radiação ionizante. Segundo a legislação vigente a Sinalização luminosa vermelha acima da face externa da porta de acesso, acompanhada do seguinte aviso de advertência: Quando a luz vermelha estiver acesa, a entrada é proibida (anexo 5).

No Hospital do Câncer, especializado no uso das radiações ionizantes para a terapia oncológica. Possuindo os seguintes equipamentos: acelerador linear, bomba de cobalto 60, Teleterapia convencional 1, Teleterapia convencional 2, Equipamento de braquiterapia. Essa é a única unidade do complexo hospitalar que possui todos os laudos e levantamentos radiométricos exigidos pela legislação, talvez por ser a única unidade hospitalar que possui um setor de Física Médica, responsável pela realização do levantamento radiométrico Ambiental e Teste de Radiação de Fuga e do Laudo Técnico de Condições Ambientais do Trabalho.

## CONCLUSÃO

A utilização das radiações ionizantes para diagnóstico e/ou tratamento envolve riscos a saúde para quem a utiliza ou manipula equipamentos emissores desta radiação. Existem três maneiras básicas de se reduzir a exposição à radiação: manter o tempo de exposição a valores mínimos, manter a maior distância possível das fontes de radiação e manter uma blindagem entre você e a fonte de radiação.

Todo trabalhador que opera equipamentos que emitem radiação ionizante deve atender os pacientes em suas necessidades e, ao mesmo tempo, minimizar a exposição individual ocupacional. Fazendo parte do programa de radioproteção, evidenciando um padrão de bom trabalho, o paciente é incluído neste programa. O trabalho de proteger envolve treinamento

adequado e especializado dos profissionais, julgamento clínico prudente, uso de técnicas universalmente aceita, emprego de máquinas e fontes confiáveis, dosimetria e planejamento de diagnóstico/tratamento apropriado, registro cuidadoso do tratamento e de seus resultados, manutenção dos limites de radiação de fuga dentro dos padrões toleráveis, dosimetria acurada (certificação de calibração).

Das unidades do complexo hospitalar da Universidade Federal de Uberlândia, a que apresenta menores problemas relacionados à radiação ionizante é o Hospital do Câncer. Ainda assim, mesmo com a supervisão do setor de física médica, obedecendo as normas do CNEN e sendo vistoriada, periodicamente, encontraram-se falhas operacionais e estruturais que podem colocar em risco a saúde dos pacientes, profissionais, docentes, discentes e transeuntes. Tais falhas apontadas neste trabalho deveram ser corrigidas. As demais unidades hospitalares deste complexo, Hospital das Clínicas, Hospital Veterinário, Hospital Odontológico e Clínica Odontológica, apresentaram problemas ainda maiores relacionados à radiação ionizante. Há problemas estruturais e arquitetônicos, de procedimentos na operação dos equipamentos, má conservação das instalações e dos equipamentos, problemas relacionados com a proteção individual e ambiental, como pode ser visto neste trabalho. Outro problema identificado é a falta de planos de radioproteção das unidades hospitalares. A elaboração e a efetiva implementação destes planos é que poderá garantir a qualidade operacional e ambiental das instalações, dos equipamentos e dos procedimentos.

A pesquisa não se encerra neste trabalho. Como sugestão para a sua continuidade é aconselhável à realização de medições radiométricas ambientais no ambiente externo das unidades hospitalares, para a verificação de possível escape de radiação.

## REFERÊNCIAS

AGUINALDO, F; ROSA, J. E; SOUZA, I. F. **Radiologia Odontológica**, 3a ed., São Paulo:Artes Médicas, 1994.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE/VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Diretrizes de Proteção Radiológica em Radiodiagnóstico Médico e Odontológico**. Portaria 453. Brasília, 1998. 34p.

FERNANDES, H. M. **Radioatividade natural-tecnologia humana aumenta o risco de exposição**. *Revista Ciência Hoje*. São Paulo, v. 28, n. 166, p. 36-42, nov. 2000.

LACAZ, C. da S. Conceituação, atualidade e interesse do tema, súmula histórica. In: LACAZ, et al. **Introdução à geografia médica no Brasil**. São Paulo: Edusp, 1972. 568p.

LEMOS, C. J. **Fauna flebotômica em área de transmissão da leishmaniose tegumentar americana na bacia do rio Araguari, no município de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil**. 2002. 83f. Dissertação (Mestrado em Geografia)-Centro de Ciências Humanas e Artes, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2002.

OKUNO, E. **Física para ciências biológicas e biomédicas**. São Paulo: Harper & Row, 1982.

COMISIÓN CHILENA DE ENERGIA NUCLEAR - Disponível em: <<http://www.comisionchilenedeenergianuclear.org.gov>>. Acesso em 10 out. 2002.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR – CNEN. Disponível em: <[http://www.cnen.gov.br/ensino/energia\\_nuclear/asp](http://www.cnen.gov.br/ensino/energia_nuclear/asp)>. Acesso em 07 jan. 2004.

INSTITUTO MINEIRO DE DOSIMETRIA E RADIOPROTEÇÃO - IMDR. Disponível em: <<http://www.imdr.gov.br>> Acesso em 15 out. 2002.

INSTITUTO DE RADIOPROTEÇÃO E DOSIMETRIA - IRD. Disponível em: < <http://www.ird.gov.br>> Acesso em 15 out. 2002.

PREFEITURA UNIVERSITÁRIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. Disponível em: <<http://www.ufu.br>> Acesso em 12 out. 2004.

INSTITUTO DE PESQUISA EM ENERGIA NUCLEAR - IPEN. Disponível em: <<http://www.ipen.br>> Acesso em 07 jan. 2004.

LABORATÓRIO DE DOSIMETRIA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP.

Disponível em: <<http://www.dfn.if.usp.br/pesquisa/aplicada/dosimetria/id111.htm>> Acesso em: 07 jan. 2004.

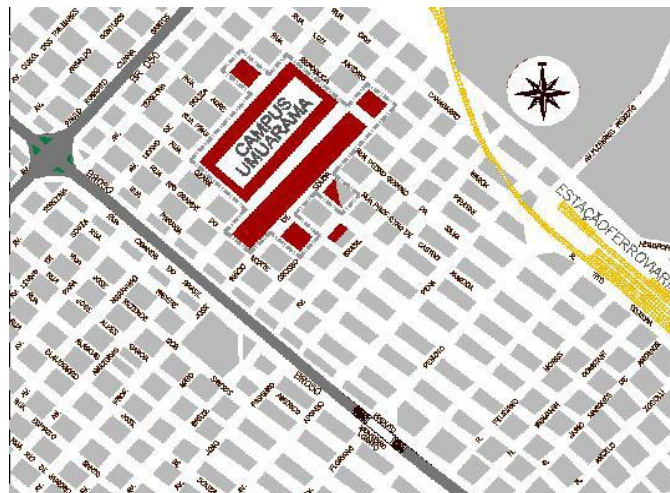
REZENDE, A. F. **Nós e as radiações**.:Radiografia do sistema radiológico nacional. Edição comemorativa do centenário da radiologia, 8 nov. 1995. Disponível em: <

<http://www.shoppingradiologico/dosimetriaambiental/noseasradiacoes.htm> > Acesso em: 23 ago. 2003.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE BIOCÊNCIAS NUCLEARES. III Encontro Nacional de Bociências nucleares. **Alasbimn Journal Yea**, Gramado-RS, v. 4, n. 14, Jan. 2002. Disponível em: <<http://www.uchice.cl/bibliotecas/sisib/index.html>.> Acesso em: 15 fev. 2003.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO - UNIFESP-EPM - **Núcleo de Proteção Radiológica**. Disponível em: < <http://www.unifesp.org.br>.> Acesso em 10 out. 2003.

#### ANEXO 1:Localização do Campus Umuarama



Fonte: Prefeitura Universitária da Universidade Federal de Uberlândia ,2002

#### ANEXO 2: Relação entre Equipamentos do Hospital Veterinário e laudos

Equipamento	Levantamento Radiométrico Ambiental e Teste de Radiação de Fuga	Laudo Técnico de Condições Ambientais do Trabalho
Rx 1	Não	Sim
Rx 2	Não	Sim
Rx 3	Não	Sim
Rx 4	Não	Sim
Rx 5(odontológico)	Não	Sim

Fonte: Autor, 2004

**ANEXO 3: Soluções reveladoras e fixadoras em vasilhames fora do padrão**



Fonte: Autor 2004

**ANEXO 4 :Acúmulo de equipamentos**



.Fonte: Autor,2004.

**ANEXO 5: Falta de sinalização luminosa**



Fonte: Autor 2004.